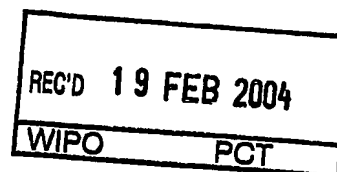


PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

SE03/1685

Intyg Certificate



Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Westinghouse Atom AB, Västerås SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0203198-7
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-10-30
Date of filing

Stockholm, 2004-02-13

PCT/SE03/1685

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Görel Gustafsson

Avgift
Fee

Best Available Copy

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

si/ak

ref.: 55568 SE

5 Förfarande, användning och anordning avseende kapslingsrör för kärnbränsle samt en bränslepatron för en nukleär tryckvattenreaktor

10 UPPFINNINGENS BAKGRUND OCH TIDIGARE TEKNIK

Föreliggande uppfinning avser kapslingsrör för kärnbränsle för en nukleär tryckvattenreaktor. Närmare bestämt avser uppfinningen sådana kapslingsrör som är bildade av en Zr-baserad legering som innehåller Nb. Uppfinningen avser bl.a. ett förfarande. Enligt förfarandet bildas ett rör som åtminstone huvudsakligen består av en cylindrisk rörkomponent av en Zr-baserad legering, där det legeringselement, förutom Zr, som har högst halt i legeringen är Nb, varvid Nb-halten i viktprocent är mellan 0,5 och 2,4.

Uppfinningen avser även ett kapslingsrör i sig, en användning av ett kapslingsrör samt en bränslepatron för en nukleär tryckvattenreaktor innefattande ett sådant kapslingsrör.

Förfaranden av det slag som beskrivs i det första stycket ovan är kända sedan tidigare. Med sådana förfaranden framställs således kapslingsrör av Zr-baserade legeringar som innehåller Nb. Exempelvis US-A-5 648 995 beskriver ett sådant förfarande och ett kapslingsrör av detta slag.

När ett kapslingsrör används i en nukleär reaktor innehåller det kärnbränsle, vanligen i form av kutsar innehållande anrikad uran, vanligen i form av UO_2 . Kapslingröret med sitt innehåll utgör således en bränslestav. På grund av den mycket speciella miljö i vilken kapslingsrör används måste olika krav tillgodoses.

Det finns huvudsakligen två typer av moderna lättvattenreaktorer: kokarvattenreaktorer (BWR) och tryckvattenreaktorer (PWR). I dessa typer av reaktorer råder olika förhållanden vilka ställer olika krav på de delar som ingår i reaktorerna. I en PWR kylv bränslestavarna i huvudsak av vatten som är i vätskefas under högt tryck. I en BWR är trycket lägre och vattnet som kyler bränslestavarna förångas så att bränslestavarna omges av både vatten i vätskefas och i ångfas. Vidare har bränslepatronerna olika konstruktion i en BWR och en PWR. I en typ av BWR sträcker sig bränslestavarna i en bränslepatron hela vägen mellan en topplatta och en bottenplatta som håller ihop bränslepatronen. I en PWR, å andra sidan, hålls bränslestavarna vanligen på plats med hjälp av spridare och når ej ända fram till topplattan och bottenplattan.

En bränslestav som används i en nukleär reaktor utsätts för höga temperaturer och tryck. Därvid uppstår med tiden krypningsfenomen. En sådan krypning bör i möjligaste mån undvikas eftersom den kan ha negativa effekter. Exempelvis kan krypning av bränslestavarna medföra att de kommer att trycka mot de bränslekutsar som finns däri. Den neutronstrålning som en bränslestav utsätts för när den används kan även leda till att kapslingsröret tenderar till att växa med tiden. Även en sådan tillväxt orsakad av neutronbestrålning kan ha oönskade effekter. Det bör därför undvikas att kapslingsröret tillväxer i en högre grad. Moderna kapslingsrör som tillverkas i lämpliga zirkoniumlegeringar och utsätts för speciella värmebehandlingar under tillverkningen, har ofta en relativt liten tendens att växa när de utsätts för neutronstrålning. Tendensen att växa kan minskas bl.a. genom att kapslingsröret vid tillverkningen utsätts för en avslutande rekristallisationsglödning.

Genom lämpligt val av material för kapslingröret och lämpligt framställningsförfarande kan kapslingröret erhålla lämpliga egenskaper beträffande t.ex. hårdhet och duktilitet.

- I den miljö där kapslingrören används kan de utsättas för olika korrosiva angrepp. Dessa angrepp kan komma från utsidan eller insidan. Angreppen från insidan har ofta sin grund i påverkan av
- 5 det kärnbränslematerial som finns där, så kallat kuts-kapslingsväxelvekan (PCI). Om en spricka uppstår genom kapslingsröret (en så kallad primär skada) så kan vatten tränga in genom sprickan och sprida sig längs rörets insida. Detta kan leda till nya korrosiva angrepp från rörets insida, så kallade sekundära
- 10 skador. Ett kapslingsrör av zirkonium eller zirkoniumbaserade legeringar kan även reagera med väte så att hydrider bildas i kapslingsröret. Dessa hydrider kan bildas från rörets insida, speciellt om en spricka uppstått så att vatten har trängt in i röret. Dessa hydrider gör röret sprödare och sannolikheten för
- 15 sprickbildning ökar. Speciellt hydrider som sträcker sig i radiell riktning genom röret utgör en ökad risk för sprickbildning. Sådana radiella hydrider kan därför påskynda eventuella sekundära skador och sprickbildningar.
- 20 De komplicerade kemiska, mekaniska och metallurgiska förhållanden som råder i en nukleär reaktor har lett till att en mycket stor mängd förslag till materialval och framställningsförfaranden av kapslingsrör har framlagts. Även små förändringar i legeringssammansättningar eller tillverkningsparametrar kan ha stor
- 25 betydelse för kapslingsrörets egenskaper.

SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

- 30 Kapslingsrör tillverkade av en Zr-baserad legering som innehåller Nb har visat sig ha goda egenskaper i många hänseenden. Genom lämpliga legeringshalter (exempelvis såsom beskrivs i ovannämnda US-A-5 648 995) och genom ett lämpligt val av framställningsparametrar så kan ett kapslingsrör erhållas som
- 35 har goda kemiska, mekaniska och metallurgiska egenskaper.

Det har emellertid visat sig att även i rör av denna typ finns det en risk för skador.

5 Ett syfte med föreliggande uppfinning är därför att åstadkomma ett förfarande för framställning av ett kapslingsrör, av en Zr-baserad legering som innehåller mellan 0,5 viktprocent och 2,4 viktprocent Nb och som har en förbättrad resistens mot skador än tidigare kapslingsrör av denna typ av legeringar.

10 Dessa syften uppnås med ett förfarande av det slag som har beskrivits i det första stycket ovan och som dessutom kännetecknas av att efter det att kapslingsröret har bildats enligt ovan och efter eventuella valsningar med däremellan förekommande värmebehandlings så slutglödgas kapslingsröret vid en temperatur
15 och under en tid så att nämnda rörkomponent delvis rekristalliseras men ej helt rekristalliseras. Rörkomponenten är således partiellt rekristalliserad (pRXA).

20 Ett kapslingsrör framställt enligt detta förfarande har visat sig ha en god resistens mot skador orsakade av PCI samtidigt som risken för bildandet av radiella hydrider är liten. Därmed minskas risken för sprickor. Kapslingsröret har samtidigt även en hög duktilitet, låg kryphastighet och låg tendens till tillväxt orsakad av neutronbestrålning. Ytterligare syften och fördelar av uppfinningen kommer att framgå av det följande.

25 Eftersom rörkomponenten är pRXA (och ej helt rekristalliserad), så har det visat sig att eventuella hydrider som bildas tenderar att utsträcka sig huvudsakligen i tangentiell riktning under det
30 att risken för radiella hydrider är låg. Därigenom uppnås förbättrad resistens mot sprickbildning. Anledningen till att radiella hydrider undviks är förmodligen att vissa spänningar som härrör från rörets tillverkning bibehålles eftersom rörkomponenten ej är helt rekristalliserad. Dessa spänningar leder till att tendensen till
35 radiella hydrider minskar.

Det kan noteras att tidigare kända kapslingsrör av denna typ av legeringar har utsatts för en slutglödning så att kapslingsröret har blivit helt rekristalliserat (se till exempel ovan nämnda US-A-5 648 995). En sådan RXA är fördelaktig i vissa hänseenden (för att motverka krypning och neutronbestrålningsinducerad tillväxt samt för att erhålla resistans mot PCI-skador). Emellertid har uppfinnarna av föreliggande uppfinning kommit fram till att dessa fördelar i hög grad kan erhållas även om kapslingsröret endast slutglödgas för att erhålla pRXA. Således har det därvid visat sig att en bättre resistens mot skador kan erhållas genom denna slutglödning.

Det bör noteras att slutglödningen normalt är det sista värmebehandlingssteget i tillverkningsförfarandet. Eventuellt kan en viss efterbehandling av kapslingsröret utföras, men en sådan efterbehandlingen skall vara sådan att den struktur som uppnås genom slutglödningen ej väsentligen förstörs.

Det bör även noteras att enligt ett föredraget utförande består kapslingsröret endast av nämnda rörkomponent. Det finns således inga ytterligare skikt. Sammansättningen på rörets ytteryta och inneryta kan dock skilja sig från sammansättningen i det inre av röret, t.ex. på grund av de ämnen som röret har kommit i kontakt med. Röret kan t.ex. vara oxiderat genom att det befunnits i en omgivning av luft. Enligt ett alternativt utförande kan dock tänkas att röret innefattar ett eller flera skyddande ytterligare skikt, på dess insida eller dess utsida. I detta fall består således röret av flera komponenter. Dock gäller alltid att nämnda rörkomponent utgör rörets huvudkomponent, t ex att denna rörkomponent utgör mer än 60% av rörets tjocklek. Såsom påpekats ovan föredras emellertid att hela rörets tjocklek utgörs av nämnda rörkomponent.

Slutligen påpekas att när i detta dokument % eller ppm används i samband med halter av olika ämnen så avses, om inget annat sägs, viktandelar av respektive ämnen.

Enligt ett föredraget utförande av förfarandet enligt uppfinningen utföres slutglödningen så att rekristallisationsgraden i rörkomponenten är högre än 5% och lägre än 95%, företrädesvis högre
 5 än 40%, exempelvis mellan 60% och 90%. Det har visat sig att sådana rekristallisationsgrader är speciellt lämpliga för att uppnå de beskrivna fördelarna.

10 Den temperatur och tid som behövs för att uppnå en sådan rekristallisationsgrad beror på halterna av legeringselementen. Temperaturen för slutglödningen är företrädesvis lägre än 550°C, exempelvis mellan 400°C och 540°C, och ofta mest lämpat mellan 450°C och 500°C. Slutglödningen kan lämpligen utföres under 1h till 6h, företrädesvis under 1 till 3 timmar.

15 Enligt ett föredraget utförande så innefattar förfarandet, före nämnda slutglödning, följande steg:

en stång av nämnda Zr-baserade legering bildas;
 denna stång upphettas till mellan 900°C och 1300°C samt
 20 släckes därefter, företrädesvis i vatten;
 ett ämne extruderas från stången efter upphettning till mellan 500°C och 900°C;
 ämnet kallvalsas till ett rör i åtminstone två steg, med mellanliggande värmebehandlings vid mellan 550°C och 650°C.

25 Ett sådant framställningsförfarande är lämpligt för att erhålla gynnsamma egenskaper hos kapslingsröret. Det bör noteras att framställningsförfarandet givetvis kan innefatta ytterligare steg (till exempel ytterligare värmebehandlings eller kallvalsningar)
 30 förutom de som nämns ovan.

Enligt ett föredraget utförande är Nb-halten i nämnda legering mellan 0,8 viktprocent och 1,2 viktprocent. Företrädesvis har inget legeringselement, förutom Zr och Nb, i nämnda legering en
 35 halt som överstiger 0,3 viktprocent, och helst ej över 0,2 viktprocent.

Legeringen kan lämpligen innehålla mellan 800ppm och 1700ppm O. Ett sådant val av halten av O leder till att kapslingsröret har goda krypningsegenskaper.

5

Enligt ett fördelaktigt utförande så innehåller legeringen mellan 50ppm och 600ppm Fe. Genom att hålla halten av Fe låg så förbättras krypningsegenskaperna ytterligare. Fe-halten kan t.ex. vara lägre än 250ppm. Det bör noteras att dessa låga Fe-halter endast är föredragna utföranden av uppfinningen. Enligt en annan utföringsform kan även en högre Fe-halt tillåtas. Legeringen kan även innehålla en viss mängd S, exempelvis mellan 20ppm S och 600ppm S, eller mellan 100ppm S och 600ppm S. En sådan mängd S kan förbättra legeringens korrosionsresistens och krypningsegenskaper.

Enligt ett föredraget utförande innehåller nämnda legering, förutom Zr, 0,8 viktprocent till 1,2 viktprocent Nb, 50 ppm till 600ppm Fe, 800ppm till 1700ppm O, mindre än 250 ppm C, mindre än 150 ppm Si, mindre än 1000ppm S och därutöver endast föroreningar av en halt som ej överstiger vad som normalt accepteras i Zr eller Zr-legeringar för tillämpningar i nukleära reaktorer.

25 Exempel på vad som betraktas som acceptabla föroreningar i detta sammanhang finns angivet t.ex. i patentdokumentet EP 0 674 800 B1, spalt 5.

30 Såsom har nämnts inledningsvis avser uppfinningen även en användning. Därvid används ett kapslingsrör framställt enligt förfarandet enligt något av föregående utföranden i en bränslepatron för en nukleär tryckvattenreaktor. Därmed uppnås de ovan beskrivna fördelarna med ett sådant kapslingsrör.

35 Uppfinningen avser även ett kapslingsrör i sig, lämpat för att innehålla kärnbränsle för en nukleär tryckvattenreaktor, vilket

kapslingsrör åtminstone huvudsakligen består av en cylindrisk
rörkomponent av en Zr-baserad legering, där det legeringsele-
ment som, förutom Zr, har högst halt i legeringen är Nb, varvid
Nb-halten i viktprocent är mellan 0,5 och 2,4, varvid nämnda
5 rörkomponent har slutvärmebehandlats så att den har en struk-
tur så att den är delvis rekristalliserad men ej helt rekristallise-
rad. Rekristallisationsgraden i rörkomponenten är högre än 5%
och lägre än 95%, företrädesvis högre än 40%, exempelvis
mellan 60% och 90%.

10

Ett sådant kapslingsrör kan framställas enligt ovan beskrivet
förfarande. Fördelaktiga utföringsformer t ex beträffande ingå-
ende legeringselement och legeringshalter framgår av exemplen
ovan i samband med förfarandet enligt uppfinningen. Med dessa
15 utföringsformer av kapslingsröret uppnås de ovan beskrivna
fördelarna.

Slutligen avser uppfinningen även en bränslepatron för en nuk-
leär tryckvattenreaktor. Bränslepatronen innefattar ett flertal
20 kapslingsrör enligt uppfinningen fyllda med kärnbränsle lämpligt
för sådana kapslingsrör för en nukleär tryckvattenreaktor

KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

25

Fig 1 visar schematiskt en bränslepatron för en nukleär tryck-
vattenreaktor.

30

Fig 2 visar schematiskt ett tvärsnitt genom ett kapslingsrör enligt
uppfinningen.

BESKRIVNING AV UTFÖRINGSEXEMPEL AV UPPFINNINGEN

35

Fig 1 visar schematiskt en i sig känd bränslepatron för en PWR.
Bränslepatron innefattar en topplatta 4 och en bottenplatta 5.

Mellan topplattan 4 och bottenplattan 5 sträcker sig ett flertal led rör 3 för styrtstavar. Vidare innefattar bränslepatronen ett flertal kapslingsrör 1. Dessa kapslingsrör 1 innehåller således ett kärnbränslematerial och kallas därmed för bränslestavar. I denna typ av bränslepatron för PWR så når bränslestavarna ej ända fram till topplattan 4 och bottenplattan 5. Bränslestavarna hålls på plats i bränslepatronen med hjälp av spridare 2.

Fig 2 visar schematiskt ett tvärsnitt genom ett kapslingsrör enligt uppfinningen. Tvärsnittet visar kapslingsröret starkt förstort. I realiteten är kapslingsröret av en dimension och en längd som är lämpliga för användande i en PWR. Kapslingsröret innefattar en cylindrisk rörkomponent 1. I det visade fallet utgör den cylindriska rörkomponenten 1 hela kapslingsröret. Detta är den föredragna utföringsformen. Såsom nämnts ovan är det dock möjligt att denna rörkomponent 1 har ett eller flera skyddande skikt på sin insida eller utsida. Rörkomponenten 1 utgörs av en Zr-baserad legering. Detta betyder att rörkomponenten till allra största delen, alltid mer än 95%, utgörs av Zr. Enligt ett utföringsexempel så innehåller rörkomponenten 1 följande legeringselement: 1 % Nb, 1 200 ppm O, 200 ppm Fe, mindre än 200 ppm C, mindre än 150 ppm Si, mindre än 1000ppm S och därutöver endast föroreningar av en halt som ej överstiger vad som normalt accepteras i Zr eller Zr-legeringar för tillämpningar i nukleära reaktorer. Kapslingsröret har slutvärmebehandlats så att rörkomponenten 1 har en struktur så att den är delvis rekristalliserad men ej helt rekristalliserad. Rekristallisationsgraden kan exempelvis vara cirka 85%.

Uppfinningen avser även ett förfarande för att framställa ett kapslingsrör för kärnbränsle för en nukleär tryckvattenreaktor. Förfarandet enligt uppfinningen kan genomföras på följande sätt.

En stång av exempelvis ovan nämnda legering bildas. Denna stång upphettas till mellan 900°C och 1300°C samt släckes där-

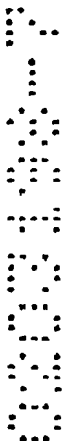
efter, företrädesvis i vatten. Ett ämne extruderas från stången efter upphettning till mellan 500°C och 900°C. Ämnet kallvalsas till ett rör i åtminstone två steg (exempelvis i tre steg), med mellanliggande värmebehandlingar vid mellan 550°C och 650°C.

- 5 Rörret slutglödgas vid en temperatur och under en tid så att rörkomponenten delvis rekristalliseras men ej helt rekristalliseras. Slutglödningen kan exempelvis utföras vid en temperatur på cirka 490°C under cirka två timmar. Slutglödningen utförs så att en lämplig rekristallisationsgrad erhålles i röret. Denna rekristallisationsgrad bör vara högre än 5% och lägre än 95%. En
- 10 rekristallisationsgrad på över 40%, till exempel mellan 60% och 90% kan vara lämplig, exempelvis en rekristallisationsgrad på cirka 85%.

- 15 Ett kapslingsrör framställt enligt förfarandet kan lämpligen användas i en bränslepatron i en nukleär PWR.

- 20 När en bränslepatron av exempelvis den ovan beskrivna typen förses med ett flertal kapslingsrör enligt föreliggande uppfinning så erhålles således en bränslepatron enligt uppfinningen.

Uppfinningen är ej begränsad till ovan angivna exempel utan kan varieras inom ramen för efterföljande patentkrav.



Patentkrav

1. Ett förfarande för att framställa ett kapslingsrör för kärn-
5 bränsle för en nukleär tryckvattenreaktor, vilket förfarande innefattar följande steg:
bildande av ett rör som åtminstone huvudsakligen består av en cylindrisk rörkomponent (1) av en Zr-baserad legering, där det legeringselement, förutom Zr, som har högst halt i legeringen är Nb, varvid Nb-halten i viktprocent är mellan 0,5 och 2,4, kännetecknat av att efter det att kapslingsröret har bildats enligt ovan och efter eventuella valsningar med däremellan förekommande värmebehandlingar så slutglödgas kapslingsröret vid en temperatur och under en tid så att nämnda rörkomponent
15 (1) delvis rekristalliseras men ej helt rekristalliseras.
2. Förfarande enligt krav 1, varvid nämnda slutglödning utföres så att rekristallisationsgraden i nämnda rörkomponent (1) är högre än 5% och lägre än 95%.
20
3. Förfarande enligt krav 2, varvid nämnda slutglödning utföres så att rekristallisationsgraden i nämnda rörkomponent (1) är högre än 40%.
- 25 4. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid slutglödningen utföres vid en temperatur som är lägre än 550°C.
5. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid slutglödningen utföres vid en temperatur som är mellan 400°C och 540°C.
30
6. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid slutglödningen utföres under 1h till 6h.
- 35 7. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid före nämnda slutglödning så innefattar förfarandet följande steg:

en stång av nämnda Zr-baserade legering bildas;
denna stång upphettas till mellan 900°C och 1300°C samt
släckes därefter, företrädesvis i vatten;

ett ämne extruderas från stången efter upphettning till
5 mellan 500°C och 900°C;

ämnet kallvalsas till ett rör i åtminstone två steg, med
mellanliggande värmebehandlingar vid mellan 550°C och 650°C.

8. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid Nb-
10 halten i nämnda legering är mellan 0,8 viktprocent och 1,2 vikt-
procent.

9. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid inget
legeringselement, förutom Zr och Nb, i nämnda legering, har en
15 halt som överstiger 0,3 viktprocent.

10. Förfarande enligt krav 9, varvid nämnda legering innehåller
mellan 800ppm och 1700ppm O.

20 11. Förfarande enligt krav 9 eller 10, varvid nämnda legering
innehåller mellan 50ppm och 600ppm Fe.

12. Förfarande enligt något av föregående krav, varvid nämnda
25 legering förutom Zr innehåller 0,8 viktprocent till 1,2 viktpro-
cent Nb, 50 ppm till 600ppm Fe, 800ppm till 1700ppm O, mindre
än 250 ppm C, mindre än 150 ppm Si, mindre än 1000ppm S
och därutöver endast föroreningar av en halt som ej överstiger
vad som normalt accepteras i Zr eller Zr-legeringar för tillämp-
ningar i nukleära reaktorer.

30 13. Användning av ett kapslingsrör framställt enligt förfarandet
enligt något av föregående krav i en bränslepatron för en nukle-
är tryckvattenreaktor.

35 14. Ett kapslingsrör för kärnbränsle för en nukleär tryckvatten-
reaktor, vilket kapslingsrör åtminstone huvudsakligen består av

en cylindrisk rörkomponent (1) av en Zr-baserad legering, där det legeringselement som, förutom Zr, har högst halt i legeringen är Nb, varvid Nb-halten i viktprocent är mellan 0,5 och 2,4, varvid nämnda rörkomponent (1) har slutvärmebehandlats så att den har en struktur så att den är delvis rekristalliserad men ej helt rekristalliserad.

15. Ett kapslingsrör enligt krav 14, varvid rekristallisationsgraden i nämnda rörkomponent (1) är högre än 5% och lägre än 95%.

16. Ett kapslingsrör enligt krav 15, varvid rekristallisationsgraden i nämnda rörkomponent (1) är högre än 40%.

17. Ett kapslingsrör enligt något av kraven 14-16, varvid Nb-halten i nämnda legering är mellan 0,8 viktprocent och 1,2 viktprocent.

18. Ett kapslingsrör enligt något av kraven 14-17, varvid inget legeringselement, förutom Zr och Nb, i nämnda legering, har en halt som överstiger 0,3 viktprocent.

19. Ett kapslingsrör enligt krav 18, varvid nämnda legering innehåller mellan 800ppm och 1700ppm O.

20. Ett kapslingsrör enligt krav 18 eller 19, varvid nämnda legering innehåller mellan 50ppm och 600ppm Fe.

21. Ett kapslingsrör enligt något av krav 14-20, varvid nämnda legering förutom Zr innehåller 0,8 viktprocent till 1,2 viktprocent Nb, 50 ppm till 600ppm Fe, 800ppm till 1700ppm O, mindre än 250 ppm C, mindre än 150 ppm Si, mindre än 1000ppm S och därutöver endast föroreningar av en halt som ej överstiger vad som normalt accepteras i Zr eller Zr-legeringar för tillämpningar i nukleära reaktorer.

22. En bränslepatron för en nukleär tryckvattenreaktor, innefattande:

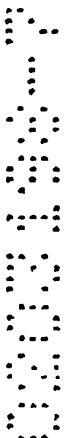
5 ett flertal kapslingsrör (1) enligt något av kraven 14-21 fyllda med kärnbränsle lämpligt för sådana kapslingsrör (1) för en nukleär tryckvattenreaktor.

23. En bränslepatron enligt krav 22, innefattande:

en topplatta (4),

en bottenplatta (5),

10 ett flertal led rör (3) för styrestavar, vilka led rör sträcker sig mellan topplattan (4) och bottenplattan (5), och ett flertal spridare (2) anordnade för att hålla nämnda kapslingsrör (1) på plats i bränslepatronen och på lämpliga avstånd från varandra.



Sammanfattning

- Uppfinningen avser ett förfarande för att framställa ett kapslingsrör för kärnbränsle för en nukleär tryckvattenreaktor.
- 5 Enligt förfarandet bildas ett rör som åtminstone huvudsakligen består av en cylindrisk rörkomponent (1) av en Zr-baserad legering, med en Nb-halten mellan 0,5 och 2,4 viktprocent. Kapslingsröret slutglödgas vid en temperatur och under en tid så att nämnda rörkomponent (1) delvis rekristalliseras men ej helt
- 10 rekristalliseras. Uppfinningen avser även ett kapslingsrör, en bränslepatron för en tryckvattenreaktor samt användning av ett kapslingsrör.

(Fig 2)

PRV 02-10-30

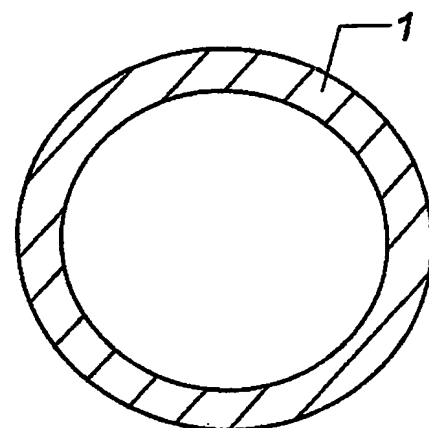
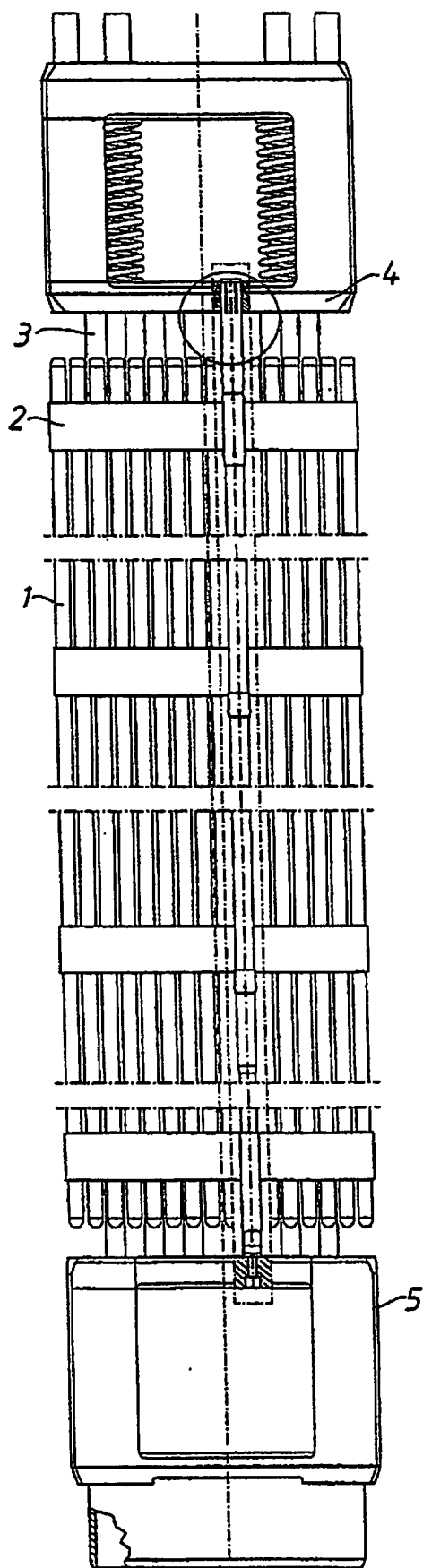


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.